Méthode Balling base carbonate
comment supplémenter un bac récifal en calcium et alcalinité tout en limitant la baisse nocturne du PH.

Grégory Lagarrigue

Version 1 du 29/01/2012

Photo. Grégory Lagarrigue

L'objectif de cet article est de vous présenter une alternative a l'eau de chaux pour limiter la baisse nocturne du PH dans nos bacs.
Le but étant que ce dernier soit toujours égal ou légèrement supérieur a 8 en début de journée, tout en maintenant un taux de calcium et une alcalinité dans la norme du milieu naturel.
Cette méthode est destinée aux bacs récifaux, à forte population en coraux calcificateurs et population piscicole dans « la norme » voir haute, dont le PH de l'eau en début de journée est basse (de l'ordre de 7.8).

Depuis plus de 15 ans que cette passion m'anime, le maintien de l'alcalinité et du calcium dans l'eau de mes bacs récifaux a toujours été une préoccupation, comme beaucoup d'autres passionnés. J'ai donc comme eux utilisé des réacteurs a calcaire, réacteur a hydroxyde de calcium et autres solutions chimiques diverses plus ou moins maîtrisées au fil des années.

Je ne présenterai pas ici en détail tout ces systèmes largement abordés dans la littérature, et me contenterai donc de résumer les résultats obtenus sur mes installations avec ces derniers :

Le RAC, réacteur a dissolution de substrat calcaire par acidification de l'eau via injection de Co2 :
Très efficace pour ajouter de grosses quantités de calcium et d'hydrogénocarbonate.
Son défaut étant sa tendance a faire baisser le PH de l'eau de l'aquarium. De plus, son réglage peut devenir un casse tête en ce sens ou il faut trouver les bons paramètres de débits et de PH interne, et les maintenir dans le temps, ce qui n'est pas si simple.

Le RAH, réacteur à Hydroxyde de calcium :
Favorisant la montée du PH de l'eau de l'aquarium, j'ai toujours beaucoup apprécié les services rendu par cet appareil, cependant, son pouvoir de supplémentation est limité, et j'ai connu quelques accidents en cas de défaillance d'un maillon du système, se soldant par des précipitations importantes dans le bac.

La méthode Balling :
Très efficace comme le RAC pour les bacs gros consommateurs, cette méthode a pour avantage d'être parfaitement prévisible, un simple calcul permettant en effet de savoir quelle quantité de solution doit être ajoutée en fonction de la consommation des animaux hébergés.
Les réglages et ajustements sont donc simples, prévisibles et fiables. Cette méthode impose en contre partie une grande rigueur dans les ajouts des différents sels pour éviter tout déséquilibre, et un bon suivi de la salinité de l'eau du bac.

La méthode bi-composant :
Cette méthode se base sur le même principe que la méthode Balling, a savoir ajout de solutions contenant généralement des chlorure et sodium. Par contre elle ne compense pas l'accumulation de NaCl par l'utilisation de sel « sans sel ».
Je déconseille tout simplement son utilisation dans un bac récifal normalement peuplé, je ne l'ai utilisé qu'a mes débuts avant de comprendre les déséquilibres que cette méthode engendre.

Principe de la méthode Balling base carbonate :
Concrètement, j'ai longtemps utilisé comme d'autre un RAC et un RAH en même temps, le RAC pour sa capacité de supplémentation et le RAH (la nuit) pour palier la baisse nocturne du PH.
Au fil des années, ce duo complémentaire est devenu de moins en moins efficace, mes colonies de SPS grossissant, la demande en calcium et alcalinité augmentait, j'ai aussi eu la mauvaise idée d'ajouter un peu trop de poissons qui ont grandi très vite dans les bacs.
le RAC devait donc fournir plus, acidifiant d'avantage l'eau du bac et l'ajout d'eau de chaux la nuit ne contenait plus raisonnablement la baisse du PH, ce dernier « tombant » à 7.7/7.8 le matin.
De plus, la maintenance des 2 réacteurs et la place occupée par ces derniers sous le bac m'agaçait, je souhaitais quelque chose de plus simple et moins encombrant.

Face à ce problème, j'ai commencé à expérimenter en Juillet 2010 les ajouts de carbonate de sodium programmés toute les nuits sur mon installation de 1000 l.
Le principe de base dans les grandes lignes est le suivant :
Le plus gros système tampon en eau de mer est constitué par le couple Carbonate (CO_3^{--}) /Hydrogénocarbonate (HCO_3^-).
Quand il y a beaucoup de Co2 dissous dans l'eau , qui forme de l'acide carbonique, c'est l'hydrogénocarbonate qui « domine", le PH est "bas".
Si la quantité de Co2 dissout baisse dans l'eau de l'aquarium, une partie de l'hydrogénocarbonate devient du carbonate, le PH monte.
Ce phénomène est réversible : la nuit quand les animaux respirent, le dégagement de Co2 favorise la formation d'hydrogénocarbonate à partir des carbonates, et la journée, la quantité d'hydrogénocarbonate diminue (consommation du Co2 par la photosynthèse), au profit des carbonates.
C'est la base

L'idée c'est d'agir sur cette base en ajoutant directement des carbonates, plutôt qu'en comptant sur les échanges gazeux, dont les effets sont trop long à obtenir dans la pratique.

Sur la base du système Balling, il est possible d'introduire dans le bac directement des carbonates, sous forme de carbonate de sodium, qui monteront artificiellement le PH.
Le phénomène est temporaire, car comme expliqué plus haut, les échanges gazeux transformeront une partie de ces carbonates en hydrogénocarbonates au PH plus bas.
Il n'y aura donc pas d'accumulation de carbonates dans le bac.
Si le PH montait trop (indicateur mesurable d'une quantité trop importante de carbonate) il faudrait simplement ajouter moins de carbonate en les remplaçant par des hydrogénocarbonates (cas peu probable dans un bac normalement ou fortement peuplé en coraux et poissons).
Les avantages sont alors ceux du RAC et du RAH réunis :
1/ Possibilité comme pour le RAC d'ajouter de grandes quantités de calcium et de tampon grâce à la grande solubilité des produits utilisés (contrairement à l'eau de chaux)
2/ Possibilité comme pour le RAH de monter artificiellement le PH grâce à l'utilisation du carbonate de sodium (contrairement au RAC qui baisse le PH de l'eau)

Le système repose donc sur la méthode Balling, avec deux particularités :
1/ La solution tampon n'est composée que de carbonate de sodium, sans hydrogénocarbonate (ou éventuellement peu).
2/ Les ajouts se font uniquement la nuit, en plusieurs petites quantités réparties, afin d'empêcher le PH de trop descendre
En se basant sur cette méthode, il n'y a pas de dérive dans l'équilibre Na/Cl car nous ajoutons conjointement du chlorure de calcium et l'accumulation du NaCl est compensée par l'utilisation de sel sans NaCl (principe de base de la méthode Balling).

Comme avancé dans la présentation, cette méthode permettra donc à elle seule de limiter la baisse nocturne du PH tout en étant capable de fournir une grandes quantités de calciums et de tampon à nos bacs.

La pratique :

Concrètement, il faut donc procéder à 3 ajouts :
1/ Solution tampon, ou « KH », composée de carbonate de sodium dilué dans de l'eau osmosée
2/ Solution Calcium, ou « Ca », composée de chlorure de calcium dilué dans de l'eau osmosée
3/ Sel sans NaCl, ou « sel sans sel », destiné à maintenir l'équilibre ionique.

Détail important, ces 3 éléments ne peuvent être mélangés entre eux avant introduction dans l'eau de l'aquarium, il y aurait précipitation des solutions .

Préparation des solutions « KH » et « Ca » :
Solution tampon ou « KH » :
Dissoudre 180 g de sodium carbonate anhydre (Na2Co3) dans de l'eau osmosée pour obtenir 1 L de solution.
Solution calcium ou « Ca » :
Dissoudre 250 g de chlorure de calcium dihydraté (CaCl2 2H2O) dans de l'eau osmosée pour obtenir 1 L de solution.

Pour arriver à 1 L de solution en tenant compte du volume occupé par les sels :
Verser dans un premier temps les sels dans 800 ml d'eau.
Ajouter de l'eau osmosée pour obtenir 1000 ml.
Mélanger.
Ajuster le volume d'eau après totale dissolution.
La dissolution des sels de Chlorure de calcium est facile, par contre, il faut mélanger vigoureusement et plusieurs fois pour bien dissoudre le carbonate de sodium.

Pour ces quantités, il faudra au moment des changements d'eau (par exemple) compenser la dérive en NaCl selon le principe de la méthode Balling, soit enlever 7.6 l d'eau du bac et la remplacer par le même volume d'eau osmosée et 85 g de sel sans NaCl, je reviendrai plus tard sur ce point.

Les quantités ci-dessus correspondent à des solutions très concentrées (concentrations à ne pas augmenter), à utiliser sur des bacs de plus de 500 L, avec une forte population corallienne.
J'utilise par exemple 240 ml de chacune de ces solutions pour mon installation de 1000 l.

Le tableaux ci dessous donne des proportions pour bacs fortement peuplés et pour 1 l de solution, pour des ajouts de quelques dizaines de ml/jour :

	Bac de 250 l et moins	Bac de 250 a 500 l	Bac de 500 l et plus
Carbonate de sodium anhydre (Sol KH)	45 g	90 g	180 g
Chlorure de calcium dihydraté (Sol Ca)	63 g	125 g	250 g
Sel sans NaCl	21 g	43 g	85 g
Eau a enlever	1,90 l	3,80 l	7,60 l
Contenu de la solution tampon en KH	2338 KH	4677 KH	9354 KH
Contenu de la solution Ca en mg de Ca	16981 mg/l	33962 mg/l	67924 mg/l

Comment calculer les dosages et utiliser le tableau ci-dessus :
Il faut pour commencer connaître ou estimer la consommation de l'aquarium, pour cela, je me base sur la consommation du KH et non pas du calcium (ce dernier étant moins critique et restant proche des 400 mg/l dans la pratique avec cette méthode).
L'objectif pour moi est un KH proche du milieu naturel d'environ 7 – 7.5, cette valeur permettant facilement le maintient d'un PH « normal » de 8 – 8.3, tout en limitant les problèmes de précipitation dans une eau d'une salinité de 35 g/l.

Pour définir les volumes à ajouter, un simple produit en croix donne les réponses :
Prendre le volume d'eau net du bac, et le multiplier par ses besoins quotidiens en KH.
Par exemple, pour un bac de 300 l contenant 210 l d'eau net (partir sur 0.7 x le volume brut si vous ne connaissez pas le volume net en eau), dont le KH baisse de 1.5° par jour, cela donne un besoin total de :
1.5 x 210 soit 315 KH / jour

Ensuite, diviser la valeur obtenue ci-dessus par le contenu en KH de la solution donnée dans le tableau et multiplier le résultat par 1000 pour connaître la quantité à ajouter dans la journée.
Pour notre exemple, la solution proposée pour un bac de 300 l contient 4677 KH dans 1000 ml, il faut donc :
315/4677x1000 soit 67 ml/jour de solution KH.
les 2 solutions devant être ajoutées en quantités égales, il faudra ajouter également 67 ml/jour de solution Ca.

Comment procéder si vous n'avez aucune idée de la consommation et pour ajuster les ajouts :
commencer avec un dosage correspondant a une consommation de 1 KH/jour, et suivre l'évolution du KH dans le bac tout les 2 jours, à la même heure, au moins 2 h après le dernier ajout :
Si le KH baisse, augmenter le dosage en vous aidant du calcul ci dessus
Si il monte, le diminué selon le même principe
Si il est stable, diminuer petit a petit le dosage pour trouver le point d'équilibre.
En effet, un KH stable ne veut pas forcément dire que vous ajoutez exactement ce qu'il faut :
Si trop de solution était ajoutée, **l'équilibre apparent serait obtenu par précipitation**, ce qui n'est pas l'objectif.
Il est donc préférable pour trouver la bonne quantité, de diminuer les ajouts jusqu'à baisse du KH, puis de les augmenter un peu pour arriver à l'équilibre.

Ajout des sels sans NaCl, ou « sel sans sel » pour maintenir l'équilibre ionique.
C'est le côté le plus contraignant de cette méthode et le plus déroutant au départ, mais une fois la méthode maîtrisée est les habitudes mises en place, cela ne semble plus aussi compliqué.
Pour ajouter les sels sans NaCl, je profite généralement des changements d'eaux,
Je ne fais pas une solution dédiée a ces sels, leurs solubilité étant moins bonne.

En reprenant l'exemple du 300 l, je commence par faire le total de la solution KH ajoutée par jour depuis le dernier changement d'eau, ce qui donne après 14 jours pour notre exemple :
14 x 67 soit 938 ml
Comme pour 1000 ml de solution je doit ajouter 43 g de sel sans NaCl dilué dans 3.8 l d'eau, cela donnerait pour 938 ml :
938/1000 x 43 soit 40 g de sel sans sel
et
938/1000 x 3.8 soit 3.56 l d'eau à enlever

Mais :
Je vais enlever à l'occasion du changement d'eau, une partie de l'eau du bac, donc une partie du NaCl en excès dans cette dernière. Le calcul exact se base donc sur la quantité d'eau non changée et donne le ratio suivant à appliquer au valeurs calculées ci-dessus :
(Volume d'eau net du bac – volume d'eau changé) / Volume d'eau net du bac
Soit pour notre exemple et pour un changement d'eau de 30 l :
(210–30)/210 = 0.86
Il faut donc :
Ajouter 40x0.86 soit 34 g de sel sans sel
et théoriquement :
Enlever 3.56x0.86 soit 3.06 l d'eau

Une autre solution consiste en l'ajout réguliers des sel sans NaCl, pour maintenir l'équilibre ionique indépendamment des changements d'eau :
Le calcul précédant donnait 40 g de sel à ajouter après 14 jours de complémentation :
c'est cette valeur qu'il faut prendre, sans appliquer le ratio calculé ci-dessus.
Concrètement, il faut dissoudre rapidement les 40 g de sel dans un peu d'eau du bac prélevée à cet effet, puis remettre cette eau dans la cuve technique de l'aquarium (et pas directement dans l'aquarium).
Ces sels augmentent les concentrations, il y a alors des risques de précipitation. Il ne faut donc pas dissoudre plus de 10 g de sel par litre d'eau prélevée, et reverser juste après dissolution des sels cette eau dans la cuve technique.
Pour me simplifier la tâche, j'ai réalisé un petit mélangeur placé dans la cuve technique, j'y mélange directement les sels sans devoir prélever de l'eau.

Dans la pratique, je n'enlève pas les 2.88 l d'eau du bac, car d'autres actions en enlèvent déjà, comme l'écumage et les prélèvements d'eau.
J'ajoute donc simplement le sel sans NaCl à l'eau du bac ou à l'occasion d'un changement d'eau, et j'ajuste la salinité, si besoin.
Je crois constater dans mes bacs qu'il est préférable de faire la compensation en « sel sans sel » toute les 2 semaines au maximum. Au delà, il me semble que les coraux les plus délicats sont moins épanouis. Dans un bac moins consommateur, ce délai pourra être augmenter.

Les quantités exactes à ajouter par jour ne sont pas à respecter au ml près, les valeurs peuvent donc être arrondies pour simplifier l'utilisation de la méthode.
Par contre, il est important de toujours ajouter les solutions en quantités égales. En cas de décalage dans les distributions (pompe avec débits légèrement différents par exemple), il faut simplement corriger l'écart.

Vous trouverez en lien « calcul Balling base carbonate » une feuille Excel intégrant les calculs décrits ci-dessus. Dans cette feuille, il est possible de jouer sur les concentrations afin d'obtenir des comptes ronds facilitant la mise en œuvre de la méthode (pour ajouter par exemple 100 ml/jour de solution au lieu de 67 ml)

Comment ajouter les solutions :
Comme annoncé, l'objectif est de limiter la baisse nocturne du PH, les ajouts de solutions se feront donc la nuit (tout au moins pour la Solution KH).
Pour être efficace, il faut automatiser ces derniers au moyen d'une pompe de dosage reliée à un programmateur, pour répartir les ajouts sur toute la période nocturne de l'aquarium, avec un décalage d'une heure :
Une heure après l'extinction de l'éclairage, je procède au premier ajout.
Puis toute les heures , j'ajoute une petite quantité des solutions.
Le dernier ajout se fait 1 heure après le retour de l'éclairage.
Pour définir la quantité de chaque ajout, il faut simplement diviser la quantité de solution à ajouter quotidiennement par le nombre d'ajout.
Il n'y a donc pas, dans cette application, d'asservissement à un PH-mètre. C'est dans la pratique inutile, en ce sens ou dans un aquarium équilibré, le PH habituel ne change pas sensiblement sans raison accidentelle. Je dirais même que si le PH mesuré dérive dans le temps, c'est généralement signe que le PH mètre doit être étalonné.
Par contre je note un légère différence de PH entre la belle saison et l'hiver, causée par une ventilation différente du salon ou se trouve les aquariums.

Concernant la manière d'ajouter les solutions, il est important de respecter 3 règles :
1/ Faire les ajouts lentement, au goutte à goutte (comme pour l'eau de chaux), raison pour laquelle une pompe de dosage est obligatoire.
2/ ne pas ajouter les 2 solutions au même endroit de la cuve technique.
3/ ajouter la solution KH dans une zone TRES brassée pour éviter les précipitations, soit dans un mélangeur dédié, soit dans une zone de la cuve technique équipée d'une pompe de brassage, à côté de la pompe de remonté.

Zone brassée dans la cuve technique, la solution tampon arrivant par le tuyau vert :

Photo. Grégory Lagarrigue
Petit détail qui a son importance : ne pas immerger le tuyau d'arrivée de la solution KH dans l'eau de mer, celui ci se boucherait en quelques jours.

Résultats obtenues sur mon installation :
Depuis maintenant 18 mois d'utilisation, la stabilité des paramètres KH / Ca est exemplaire (KH de 7/7,5 pour CA de 400/420 mg/l) avec 2 ajustements.
La facilité des réglages est déconcertante, car un simple calcul permet de prédire les effets, une correction des paramètres est donc très facile à faire.

Il est à noter que le système a fonctionné conjointement avec un RAH pendant la majeure partie du temps. Mais le système Balling base carbonate fournissant plus des deux tiers des besoins du bac, j'en ai conclu que je pouvais très bien me passer du RAH et simplifier ainsi la maintenance comme je le désirais.
Apres avoir arrêté le RAH, je n'ai pas eu à ajouter beaucoup plus de solution pour compenser l'absence d'eau de chaux, ce qui m'a surpris.
En effet, j'ajoutais 7 l d'eau de chaux toute les nuits, soit théoriquement 6300 mg de calcium (l'eau de chaux contenant environ 900 mg/l de calcium) soit environ 7 mg/l/jour (6300 mg / 865 l d'eau net).
Hors depuis l'arrêt du RAH, je n'ajoute que 40 ml de solution supplémentaire soit environ 3 mg/l/jour.
Je ne m'explique pas complètement cet important écart, mais il me semble à partir de ce constat qu'il est difficile d'avoir un bon rendement en complémentation avec l'eau de chaux.
.
Au niveau du PH de l'eau, je mesure actuellement 8 – 8.1 le matin pour 8.15 - 8.3 le soir, sans aucun accident, et ce malgré une trop forte population de poissons.
A ce niveau, l'eau de chaux est plus efficace que le carbonate de sodium (ce qui est normale, l'eau de chaux consommant plus de Co2 dissout pour une même complémentation que le carbonate de sodium).
Après l'arrêt du RAH, j'ai constaté une baisse d'environ 0.05 du PH.

Question efficacité (rendement), il ne semble pas y avoir de précipitation importante :
peu de sédiments, eau limpide, absence de cyanobactéries et taux de magnésium ne baissant pas beaucoup sans compensation.
Pour cette dernière raison, je ne propose pas d'ajout de magnésium dans mes solutions.
Par contre, j'ajoute du chlorure de strontium séparément n'utilisant plus de RAC.
Question autonomie, la concentration des solutions me permet 12 jours de tranquillité avec 2900 ml de chaque solution pour les 865 l net d'eau que contiennent les cuves.

L'installation se résume donc maintenant à :

- une pompe de dosage à 2 canaux
- Deux réservoirs gradués de 3 l avec pompes de brassage intégrée pour mélanger les solutions et me faciliter encore plus la tâche
- un programmateur journalier électronique
- un peu de tuyau de 6 mm de diamètre
- une pompe de brassage dans la cuve technique pour brasser la zone ou j'ajoute la solution KH
- ma bonne vieille balance de Roberval avec sa boite de poids

Pour les 2 produits utilisés dans la préparation des solutions, je me fournis chez mon pharmacien qui offre un rapport qualité / prix acceptable, cette solution restant onéreuse. Ces produits sont aussi disponibles dans certain de nos magasins spécialisés.
Les résultats étant satisfaisants sur mon installation actuelle mon futur bac fonctionnera évidemment avec cette méthode.

Références bibliographiques

« ALCALINITE, SATURATION ET EAU DE CHAUX » Bernard Capel
« CARBONATE DE SODIUM » A. Thiel
« Comment augmenter KH et calcium grâce à de l'eau de mer sans sel (de cuisine) ! » Regis Doutres
« LA COMPOSITION DE L'EAU DE MER NATURELLE ET ARTIFICIELLE » Bernard Capel
« Discussions autour du calcium » Denis Corpelet, jean luc Frischt
« Rac une autre approche » Franck Senegas
« PH faible,impact, causes et solutions » Franck Senegas
« Problèmes de pH : causes et solutions » Traduction - Compilation par Roland D.
« Résolution des problèmes de calcium et d'alcalinité » traduction par Roland de CHEMISTRY AND THE AQUARIUM by RANDY HOLMES-FARLEY
« Influence de la dissolution de quantités croissantes de CO2 dans l'eau de mer » Jean Poitou, SLC
« Allons-nous transformer l'océan en un lac d'acide ? » Jean-Marc JANCOVICI